

ANALISIS MODA KEGAGALAN POTENSIAL DAN AKAR PERMASALAHAN DENGAN MENGGUNAKAN FMEA DAN FTA (STUDI KASUS DI CV ALI GRIYA SEMARANG)

Wiwik Budiawan, Dyah Ika Rinawati, Marsius Sihombing

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof. H. Soedarto, SH – Tembalang, Semarang

e-mail : marsius.sihombing@gmail.com

ABSTRACT

CV Ali Griya Semarang is a company of truss manufacturing. Truss was various kind of canal, reng and spandex. Process production in the company has not been functioning optimally because the company still finding defect product. And even average of percentage failure product more than 2% bigger than percentage failure product that company determined, namely 0,1%. This research intended to analyze the cause of defect factors in process production. The methods of this study is combining on Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA). A two-phase research approach has been proposed and used in the study. In the first phase, FMEA used to identify the failure modes and determined the potensial failure modes. In the second phase, Fault Tree Analysis, a qualitatif and quantitaf analysis was used to analyze the root cause from the subsistem that had big RPN. The analysis of results indicates that roll machine subsistem is the most important risk in FMEA with RPN value 466,94. Then FTA indicates that failure of bolt and nuts of the roll setting is the most important risk in roll machine with Fussell-Importance Value 0,903.

Keywords: FMEA, FTA, RCA

ABSTAK

CV Ali Griya Semarang adalah perusahaan yang bergerak di bidang produksi atap baja ringan. Atap baja ringan terdiri dari berbagai jenis canal, reng dan spandek. Proses produksi di perusahaan belum berfungsi secara optimal karena perusahaan masih menemukan cacat produk. Dan bahkan rata-rata persentase produk cacat yang dihasilkan lebih dari 2% jauh melebihi persentase produk cacat yang ditentukan perusahaan sebesar 0,1%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab kegagalan dalam proses produksi. Metode penelitian ini adalah menggabungkan pada Failure Mode dan Analisis Efect (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). Pendekatan penelitian dua tahap diusulkan dan digunakan dalam penelitian ini. Pada tahap pertama, FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan menentukan mode kegagalan potensial. Pada tahap kedua, fault tree analysis, sebuah analisa kualitatif dan kuantitatif yang digunakan untuk menganalisa akar permasalahan dari subsistem yang memiliki RPN besar. Hasil analisis menunjukkan bahwa moda kegagalan posisi roll yang berubah adalah risiko yang paling berpengaruh dalam FMEA dengan memiliki nilai RPN sebesar 466,94. Kemudian FTA menunjukkan bahwa kegagalan baut dan mur dari pengaturan roll adalah risiko yang paling berpengaruh dalam mesin roll dengan nilai Fussell-Importance Value sebesar 0,903.

Kata kunci: FMEA, FTA, RCA

1. PENDAHULUAN

Pada zaman globalisasi saat ini, persaingan di dunia industri sangat tajam. Perusahaan yang pada masa lalu hanya bersaing pada tingkat regional dan nasional, pada masa ini harus menghadapi persaingan global. Dalam usaha memenangkan persaingan, setiap perusahaan harus mampu meningkatkan performa proses produksi, meningkatkan kualitas produk dan mampu menciptakan *zero defect*. *Zero defect* merupakan aspek yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi di rantai produksi, mulai dari efisiensi bahan baku, efisiensi waktu dan efisiensi proses. Dengan terciptanya *zero defect*, diharapkan perusahaan dapat menekan

biaya produksi dan memaksimalkan pendapatan perusahaan.

CV Ali Griya yang berada di Banyumanik Semarang merupakan salah satu UMKM yang menghasilkan atap baja ringan berupa *canal*, *reng* dan *spandek* sekaligus perancangan dan pelaksanaan konstruksi atap bangunan. Dalam proses produksi, Perusahaan menargetkan produk gagal yang timbul minimal 0.1% setiap bulannya. Tetapi berdasarkan data hasil produksi di perusahaan, target yang diinginkan belum tercapai. Dimana, presentase produk gagal dari produk *Canal*, *Reng 32* dan *Reng 30* masih jauh diatas batas maksimal terjadinya cacat yang ditetapkan. Tabel 1 merupakan tabel menunjukkan hasil produksi dalam 3 bulan terakhir

Tabel 1 Data Produksi (Maret 2015 - Mei 2015)

No	Jenis Produk	Bulan	Baik (btg)	Produk Cacat (btg)		Total Produk Cacat (btg)	Total (btg)	Persentase Produk cacat (%)
				panjang < 6 m	Panjang = 6 m			
1	Canal	Maret	21176	412	116	528	21704	2.4327
		April	18246	332	119	451	18697	2.4122
		Mei	21499	392	161	553	22052	2.5077
2	Reng 30	Maret	13374	140	155	295	13669	2.1582
		April	13147	136	165	301	13448	2.2383
		Mei	11668	130	144	274	11942	2.2944
3	Reng 32	Maret	4911	64	57	121	5032	2.4046
		April	6950	76	67	143	7093	2.0161

Sumber : Data Perusahaan (2015)

Berdasarkan tabel 1 dapat diketahui bahwa permasalahan yang timbul pada perusahaan adalah belum tercapainya target persentase kegagalan produk yang ditetapkan oleh perusahaan. Kemungkinan besar hal ini terjadi karena para karyawan belum dapat mengidentifikasi penyebab pasti dari kegagalan ketika *reject* terjadi. Oleh karena itu, perlu adanya suatu usaha untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan produk pada proses produksi. Metode yang dapat membantu melaksanakan kegiatan tersebut adalah *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan 2 fase. Fase pertama dilakukan dengan menganalisa moda kegagalan dari setiap subsistem dengan menggunakan FMEA. Pada fase kedua, hasil RPN terbesar kemudian dijadikan sebagai top event untuk mengetahui akar-akar permasalahan terjadinya kegagalan.

2.1 Prosedur FMEA

Produr FMEA yang digunakan pada penelitian ini menggunakan prosedur FMEA yang disarankan oleh stamatis. Prosedur FMEA tersebut diawali dengan mengidentifikasi fungsi sistem dan elemen sistem, mengidentifikasi moda kegagalan potensial, menentukan rating keparahan,

rating kejadian dan rating deteksi, dan terakhir dengan menghitung RPN (Stamatis, 2003). Rating kejadian digunakan untuk memberikan penilaian terhadap suatu kejadian berdasarkan frekuensi terjadinya kegagalan seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Rating keparahan digunakan untuk memberikan penilaian

terhadap suatu kejadian berdasarkan tingkat keparahan atau efek yang dihasilkan oleh terjadinya kegagalan seperti yang ditunjukkan pada tabel 3. Dan rating deteksi digunakan untuk mengetahui tingkat kesulitan dalam mendeteksi terjadinya kegagalan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 2 Rating Kejadian FMEA

No	Kejadian	Kriteria
1	Very low	Langka, gagal terjadi kurang dari 1 produk dari 104 produk.
2	Low	Jarang, gagal terjadi antara 2 sampai 10 produk dari 104 produk.
3	Moderate	Sedang, gagal terjadi antara 11 sampai 25 produk dari 104 produk.
4	High	Sering hingga tinggi, gagal terjadi antara 25 sampai 50 produk dari 104 produk.
5	Very high	Sangat tinggi hingga merusak, gagal terjadi lebih dari 50 produk dari 104 produk.

Sumber: (Stamatis, 2003)

Tabel 3 Rating Keparahannya FMEA

No	Efek	Kriteria
1	Very low or none	Gangguan ringan; hampir tidak ada efek dari produk.
2	Low or minor	Mengurangi performansi produk dan sedikit tidak efisien.
3	Moderate or significant	Produk berangsur-angsur mengalami kemerosotan; tingkat efisiensi rendah; mengurangi produktivitas; operator mulai frustrasi.
4	High	Lebih dari 50 hingga 70 persen produk tidak terbentuk; membutuhkan kesabaran operator; ketidakefisienan yang tinggi; produktivitas rendah; scrap yang terbentuk banyak; produk kehilangan fungsinya.
5	Very high or catastrophic	Tidak ada produk yang terbentuk; produk bersifat merusak.

Sumber: (Stamatis, 2003)

Tabel 4 Rating Deteksi FMEA

No	Deteksi	Kriteria
1	Very low	terdeteksi sebelum produk dirilis; proses kontrol selalu mendeteksi kegagalan.
2	Low	terdeteksi setelah dirilis hingga diproduksi; besar kemungkinan proses kontrol mendeteksi kegagalan.
3	Moderate	terdeteksi setelah diproduksi sebelum mencapai konsumen; medium kemungkinan proses kontrol mendeteksi kegagalan.
4	High	terdeteksi oleh konsumen dan pada saat servis; kecil kemungkinan proses kontrol mendeteksi kegagalan.
5	Very high	tidak terdeteksi hingga kecelakaan terjadi; proses kontrol tidak dapat mendeteksi kegagalan.

Sumber: (Stamatis, 2003)

Dalam menentukan RPFN setiap moda kegagalan, penelitian ini menggunakan skala *linguistic trapezoidal fuzzy number*. Data berupa rating kejadian, rating keparahan dan rating deteksi yang ditentukan ditransformasikan dengan skala yang terdapat pada skala *linguistic trapezoidal fuzzy number*. Skala trapezoidal fuzzy number dapat dilihat pada tabel 5. Kemudian ketiga rating kegagalan dikalikan seperti pada persamaan 1 berikut ini

$$RPFN_{ij} \cong O_{ij} \times S_{ij} \times D_{ij} \quad (1)$$

Dimana Jika O_{ij} , S_{ij} dan D_{ij} merupakan trapezoidal *fuzzy number* yang mempresentasikan kejadian, keparahan dan deteksi untuk subsistem i dan moda kegagalan j. Maka RPFN merupakan nilai dari perkalian setiap rating.

Tabel 5 Skala Trapezoidal Fuzzy Number

Performansi		Dampak	
Jenis	Skala	Jenis	Skala
Very low (VL)	(0; 0; 1,5; 2)	Absolutely little influence (ALI)	(0; 0; 0,15; 0,2)
Low (L)	(1,5; 2; 3,5; 4)	Little influence (LI)	(0,15; 0,2; 0,35; 0,4)
Moderate (M)	(3,5; 4; 5,5; 6)	Moderately influential (MI)	(0,35; 0,4; 0,55; 0,6)
High (H)	(5,5; 6; 7,5; 8)	Influential (I)	(0,55; 0,6; 0,75; 0,8)
Very high (VH)	(7,5; 8; 9,5; 10)	Very influential (VI)	(0,75; 0,8; 0,9; 1)

Sumber: (Silva, Gusmao, & Poletto, 2014)

Setelah menentukan RPFN untuk setiap moda kegagalan, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan pengurutan setiap moda kegagalan berdasarkan RPFN terbesar. Proses pengurutan diawali dengan proses defuzifikasi yang menggunakan persamaan yang diajukan oleh Adamo (Adamo, 1980).

$$AD_{\alpha}(A) = a_{\alpha}^{+} \quad (3)$$

Jika diberikan populasi X dan kelompok fuzzy A_i , α -cuts $A_{i\alpha}$ didefinisikan sebagai $\{x \in X | \mu_{A_i}(x) > \alpha\}$ dengan $\alpha \in [0, 1]$. Dengan mendefinisikan α -cuts dari fuzzy sebagai interval maka dapat diambil kesimpulan bahwa $a_{\alpha}^{+} = \sup A_{i\alpha}$, sedangkan jika $a_{\alpha}^{-} = \inf A_{i\alpha}$.

2.2 Prosedur FTA

Dimulai dengan menentukan hal yang tidak diinginkan untuk diselesaikan, mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan, membangun fault tree, dan tahap terakhir menentukan *Fuzzy Possibility Score* (FPS). Dengan menggunakan logika fungsi *OR* dan *AND*, fault tree dapat dibentuk dengan mencari akar-akar permasalahan terjadinya kegagalan. Dari struktur yang terbentuk maka nilai FPS dapat dicari dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan Fuzzy Number Sets

Penentuan *fuzzy number set* pada penelitian ini menggunakan metode yang disarankan oleh Wei, Qui, & Wang dalam

(Wang, Zhang, & Chen, 2013). Adapun langkah-langkah dalam menentukan *fuzzy number sets* adalah sebagai berikut:

- Menghitung derajat kesamaan $S(A_i, A_j)$ dari pendapat A_i dan A_j dari responden E_i dan E_j

Jika A_i merupakan $(a_1; a_2; a_3; a_4)_i$ adalah *fuzzy number* dari pendapat responden i (E_i) dan A_j merupakan $(a_1; a_2; a_3; a_4)_j$ adalah *fuzzy number* dari pendapat responden j (E_j) maka nilai dari derajat kesamaan $S(A_i, A_j)$ adalah sebagai berikut:

$$S(A_i, A_j) = \begin{cases} EV_i / EV_j, & EV_i \geq EV_j \\ EV_j / EV_i, & EV_j \geq EV_i \end{cases} \quad (4)$$

dan

$$EV(A) = \frac{1}{2} [E^{-}(A) + E^{+}(A)] \quad (5)$$

$$\text{Dimana: } E^{-}(A) = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

$$\text{dan } E^{+}(A) = \frac{a_3 + a_4}{2}$$

- Menghitung tingkat kesepakatan rata-rata $A(E_i)$ dari masing-masing responden.

$$A(E_i) = \frac{1}{n} \left[\sum_{i \neq j}^n Sij(A_i, A_j) \right] \quad (6)$$

Dimana : Sij A_i merupakan derajat kesamaan Sij dari A_i .

- Menghitung derajat kesepakatan relatif (RAD) I dari masing-masing responden.

Jika (RAD) $_i$ merupakan derajat kesepakatan relatif dari responden i dan $A(E_i)$

merupakan tingkat kesepakatan rata-rata dari responden i, maka nilai dari kesepakatan relatif setiap responden adalah sebagai berikut:

$$(RAD)_i = \frac{A(Ei)}{\sum_{i=1}^n A(Ei)} \quad (7)$$

d. Menentukan bobot agregat (W_i) dari masing-masing responden.

Jika W_i merupakan bobot agregat dari responden i dan $(RAD)_i$ merupakan derajat kesepakatan relatif dari responden i, maka nilai dari bobot agregat dari responden i adalah sebagai berikut:

$$W_i = . EID_i + (1 - \alpha) . (RAD)_i \quad (8)$$

Dimana α bernilai 0.5 dan EID_i derajat kepentingan dari setiap responden. Dalam menentukan EID_i terdapat 4 faktor yang perlu dipertimbangkan. Adapun faktor-faktor tersebut adalah gelar, pengalaman kerja, tingkat pendidikan, dan umur dari setiap responden. Tabel 3.2 merupakan tabel yang menunjukkan skala penilaian terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi derajat kepentingan responden.

Tabel 6 Skala Penilaian Derajat Kepentingan Responden

No	Faktor	Klasifikasi	Score
1	Jabatan	Professor	5
		Vice-professor	4
		Instructor	3
		Primary	2
		Worker	1
2	Pengalaman Kerja	> 30 tahun	5
		20 – 30 tahun	4
		10 – 20 tahun	3
		5 – 10 tahun	2
		< 5 tahun	1
3	Tingkat Pendidikan	Master (S2, S3)	5
		Bachelor (S1)	4
		Junior college level (D3)	3
		Technical secondary school level (SMK)	2
4	Umur	> 50 tahun	4
		40 – 49 tahun	3
		30 – 39 tahun	2
		< 30 tahun	1

Sumber: (Yuhua & Datao, 2005)

Dengan menggunakan tabel 3.2 skala kepentingan dari setiap responden dapat dihitung. Skala kepentingan dari setiap responden dihitung dengan menjumlahkan score dari setiap faktor. Kemudian total score dari responden i dibagi dengan total score dari semua responden.

e. Menentukan *fuzzy number sets* dari setiap akar permasalahan

Jika W_i merupakan bobot agregat dan A_{ij} merupakan *fuzzy number* dari setiap responden, maka *fuzzy number sets* (P_j) adalah sebagai berikut:

$$P_j = \sum_{i=1}^n W_i \times A_{ij} \quad (9)$$

2. Menentukan *Fuzzy Possibility Score*

FPS merupakan probabilitas terjadinya akar permasalahan. Dalam menentukan FPS terdapat langkah-langkah yang harus dikerjakan. Proses penentuan FPS dijelaskan seperti langkah-langkah berikut:

a. Menentukan *fuzzy number* dari *top event*

Fuzzy number dari *top event* merupakan penggabungan dari *fuzzy number* dari setiap akar permasalahan. Pada umumnya fungsi logika yang digunakan pada fault tree analysis adalah fungsi OR dan AND. Dengan menggunakan fungsi logika ini maka nilai dari *fuzzy numbertop event* dapat ditentukan. persamaan 10 merupakan persamaan untuk menentukan nilai dari penggabungan dengan fungsi logika OR sedangkan persamaan 11 merupakan persamaan untuk menentukan nilai dari penggabungan dengan fungsi logika AND.

$$P_c = \text{ORF} (P_1, P_2, \dots, P_n)$$

$$= 1 \ominus \prod_{i=1}^n (1 \ominus p_i)$$

$$= (1 - \prod_{i=1}^n (1 - ai1), 1 - \prod_{i=1}^n (1 - ai2), 1 - \prod_{i=1}^n (1 - ai3), 1 - \prod_{i=1}^n (1 - ai4)) \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
P_c &= \text{ANDF}(P_1, P_2, \dots, P_n) = \prod_{i=1}^n p_i \\
&= (\prod_{i=1}^n (a_{i1}), \prod_{i=1}^n (a_{i2}), \\
&\quad \prod_{i=1}^n (a_{i3}), \prod_{i=1}^n (a_{i4})) \quad (11)
\end{aligned}$$

Dimana \prod = merupakan perkalian dari *fuzzy number* dan \ominus merupakan pengurangan *fuzzy number* (Wang, Zhang, & Chen, 2013).

- b. Proses *defuzzification* dari *fuzzy number top event*

Proses defuzzifikasi pada penelitian ini menggunakan defuzzifikasi dengan metode center of area seperti yang disarankan oleh Miri Lavasani dan Wang dalam (Wang, Zhang, & Chen, 2013). Persamaan 12 merupakan persamaan yang digunakan pada proses defuzzifikasi.

$$\begin{aligned}
P_{TE}^* &= \frac{\int_{a_1}^{a_2} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} x dx + \int_{a_2}^{a_3} x dx + \int_{a_3}^{a_4} \frac{a_4-x}{a_4-a_3} x dx}{\int_{a_1}^{a_2} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} dx + \int_{a_2}^{a_3} dx + \int_{a_3}^{a_4} \frac{a_4-x}{a_4-a_3} dx} \\
&= \frac{1}{3} x \frac{(a_4+a_3)^2 - a_4 a_3 - (a_1+a_2)^2 + a_1 a_2}{a_4+a_3-a_2-a_1} \quad (12)
\end{aligned}$$

Dimana P_{TE}^* merupakan hasil dari defuzzifikasi. Sedangkan a_1, a_2, a_3, a_4 merupakan anggota *fuzzy number* dari *fuzzy number top event* A_i .

- c. Menentukan nilai *Fussell-Vesely Importance* dari akar permasalahan

Fussell-vesely importance merupakan nilai evaluasi terhadap kontribusi akar permasalahan terhadap *top event*. Nilai PV dari akar permasalahan dicari dengan menggunakan urutan seperti pada penentuan PV dari *top event*. Hanya saja, pada penentuan PV akar permasalahan i , maka *fuzzy number* pada akar permasalahan i diberi nilai 0. Setelah nilai PV akar permasalahan diketahui, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *fussell-vesely importance*. Persamaan 13 merupakan persamaan yang digunakan untuk

menentukan nilai dari *fussell-vesely importance*.

$$I_{Xi}^{FV} = \frac{P_{TE} - P_{TE}^{X_i=0}}{P_{TE}} \quad (13)$$

Dimana: I_{Xi}^{FV} merupakan nilai dari *fussell-vesely importance*. P_{TE} merupakan nilai hasil defuzzifikasi dari *top event*. Sedangkan $P_{TE}^{X_i=0}$ merupakan hasil defuzzifikasi dari akar permasalahan ke i (Vinod, Kushwaha, Verma, & Srividya, 2003).

- d. Menentukan nilai *Cut Set Importance*

Cut Set Important (CS-I) digunakan untuk mengevaluasi kontribusi dari setiap *Minimal Cut Set* (MCS) terhadap probabilitas terjadinya *top event*. Metode ini sangat penting untuk mengetahui peringkat dampak dari setiap MCS dan mengidentifikasi penyebab yang paling mungkin yang mengarah ke *top event*. Persamaan 14 merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai dari *cut set important*.

$$I_j^{CS} = \frac{P_{MCS}^j}{P_{TE}} \quad (14)$$

Dimana I_j^{CS} merupakan nilai dari *cut set important*. P_{MCS}^j merupakan nilai dari hasil defuzzifikasi MCS. Sedangkan P_{TE} merupakan nilai dari hasil defuzzifikasi *top event*.

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan melakukan observasi langsung di lantai produksi, data berupa frekuensi terjadinya kegagalan produk, serta tingkat keparahan dan deteksi terjadinya kegagalan didapatkan. Brainstorming dengan beberapa orang operator juga dilakukan untuk mendapatkan data pendukung tingkat keparahan dan tingkat deteksi.

3.1 Pengolahan Data dengan FMEA

Dengan mengikuti langkah-langkah yang sudah ditentukan pada metode penelitian

didapatkan hasil RPN dari setiap moda kegagalan. Adapun nilai dari setiap RPN ditunjukkan pada tabel 7

Tabel 7 Nilai RPN dari Setiap Moda Kegagalan

No	Subsistem	Moda Kegagalan	Occurrence (O)	Severity (S)	Detection (D)	RFPN	RPN
1.	Transportasi	Perekat coil terlepas	M	VH	VL	(0;0;78,375;120)	99,19
		Coil terjatuh	M	VH	VL	(0;0;78,375;120)	99,19
2.	Uncoil	Penyangga coil terlalu tajam	L	VH	L	(0;0;135,375;200)	138,19
		Posisi roll berubah	H	H	H	(166,4;216;421,9;512)	466,94
3.	Mesin Roll	Roll kotor	H	H	L	(16,9;32;116,4;160)	226,44
		Putaran mesin tidak normal	VH	M	M	(45,4;72;196,9;256)	323,44
		Posisi galvalum pada mesin roll tidak tepat	H	H	M	(91,9;128;287,4;360)	346,69
4.	Mesin cutter	Cutter tumpul	VH	L	L	(105,9;144;309,4;384)	138,19
		Tekanan hidrolik kurang	VH	L	H	(16,9;32;116,4;160)	284,69
		Posisi cutter berubah	L	H	M	(28,9;48;144,4;192)	168,19
		Informasi PLC error	VH	H	M	(144,4;192;391,9;480)	435,94
5.	Mesin Printer	Sensor tidak dapat mendeteksi produk	M	L	VL	(0;0;28,9;48)	38,44
		Posisi catrick berubah	H	VL	VL	(0;0;16,9;32)	24,44
		Kecepatan printer tidak sama dengan mesin	VL	L	L	(0;0;7,9;16)	25,19

3.2 Pengolahan Data dengan FTA

Dari hasil identifikasi dengan FMEA, dapat ditentukan bahwa moda kegagalan perubahan posisi roll memiliki nilai RPN terbesar. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi akar-akar permasalahan pada moda kegagalan tersebut. Langkah awal yang dilakukan dengan membentuk *fault tree* dari moda kegagalan. Gambar 1 merupakan gambar yang menunjukkan *fault tree* dari moda kegagalan perubahan posisi roll.

Penentuan probabilitas akar-akar permasalahan ditentukan dengan menggunakan aturan fuzzy, dimana data yang diolah adalah data kualitatif yang diubah ke kuantitatif dengan menggunakan skala *trapezoidal fuzzy number*. Tabel 8 merupakan data kualitatif hasil kuisioner yang diberikan oleh 3 orang responden di perusahaan yang diubah ke dalam bentuk kuantitatif

Tabel 8 Data Penilaian Responden Terhadap Akar-akar Permasalahan

No	Basic Event	Responden Scoring			Fuzzy Number Sets
		1	2	3	
X1	Getaran mesin tinggi	H	H	M	(0.485; 0.535; 0.685; 0.735)
X2	Mur settingan as kendor	M	L	H	(0.342; 0.392; 0.542; 0.592)
X3	Baut settingan penyangga as kendor	M	H	H	(0.474; 0.524; 0.674; 0.724)
X4	Sisa perekat menempel pada roll	L	H	M	(0.342; 0.392; 0.542; 0.592)
X5	Lapisan Zn dari coil menempel di roll	VL	L	M	(0.152; 0.182; 0.332; 0.382)
X6	Chain kotor	H	M	L	(0.358; 0.408; 0.558; 0.608)
X7	Gear Kotor	H	M	M	(0.426; 0.476; 0.626; 0.676)
X8	Mur settingan gear as roll kendor	M	M	M	(0.35; 0.4; 0.55; 0.6)
X9	Mur settingan gear mesin	L	L	M	(0.217; 0.267; 0.417; 0.467)
X10	Bearing pecah	VL	L	L	(0.088; 0.118; 0.268; 0.318)

Dari fuzzy number set yang sudah terbentuk dicari nilai peluang terjadinya kegagalan pada *top event* dan setiap akar permasalahannya. Dari peluang tersebut tingkat kontribusi dari setiap akar

permasalahan terhadap terjadinya kegagalan *top event*. Tabel 9 merupakan tabel peluang dan kontribusi setiap akar permasalahan terhadap terjadinya kegagalan pada mesin roll dan mesin pemotong.

Tabel 9 Kontribusi Setiap Akar Permasalahan Terhadap Terjadinya Kegagalan Top Event

BE	Fuzzy number sets				CPS	m	PV	I
TE	0.584581	0.657236	0.8326	0.876066	0.737016	1.632053	0.023332	
X1	0.515109	0.592569	0.792525	0.844295	0.685602	1.774404	0.016811	0.279476
X2	0.45082	0.509525	0.672051	0.72322	0.588745	2.041634	0.009086	0.610579
X3	0.243566	0.30116	0.489556	0.552228	0.39673	2.645995	0.002259	0.903159
X4	0.546831	0.621512	0.810969	0.859554	0.709183	1.709506	0.019521	0.163344
X5	0.571667	0.645012	0.823539	0.869039	0.726735	1.660807	0.021837	0.064066
X6	0.57474	0.650199	0.831269	0.875444	0.732266	1.645363	0.022628	0.030183
X7	0.571511	0.647979	0.830838	0.875231	0.730726	1.649668	0.022404	0.03975
X8	0.575094	0.650439	0.831313	0.875465	0.732432	1.644897	0.022652	0.029141
X9	0.57971	0.653531	0.831848	0.875716	0.734582	1.638878	0.022968	0.015594
X10	0.582871	0.655873	0.832215	0.875879	0.736102	1.634618	0.023194	0.005888

Selain mengidentifikasi akar permasalahan minimal cut set (MCS) perlu diketahui pengaruhnya terhadap terjadinya kegagalan. MCS merupakan gabungan dari beberapa akar permasalahan yang terjadi jika semua akar permasalahan yang berada di dalam MCS tersebut berkontribusi. Sehingga jika salah

satu akar permasalahan tersebut dihilangkan maka MCS tersebut tidak akan berkontribusi terhadap terjadinya kegagalan. Tabel 10 merupakan tabel yang menunjukkan tingkat kontribusi MCS terhadap terjadinya kegagalan top event.

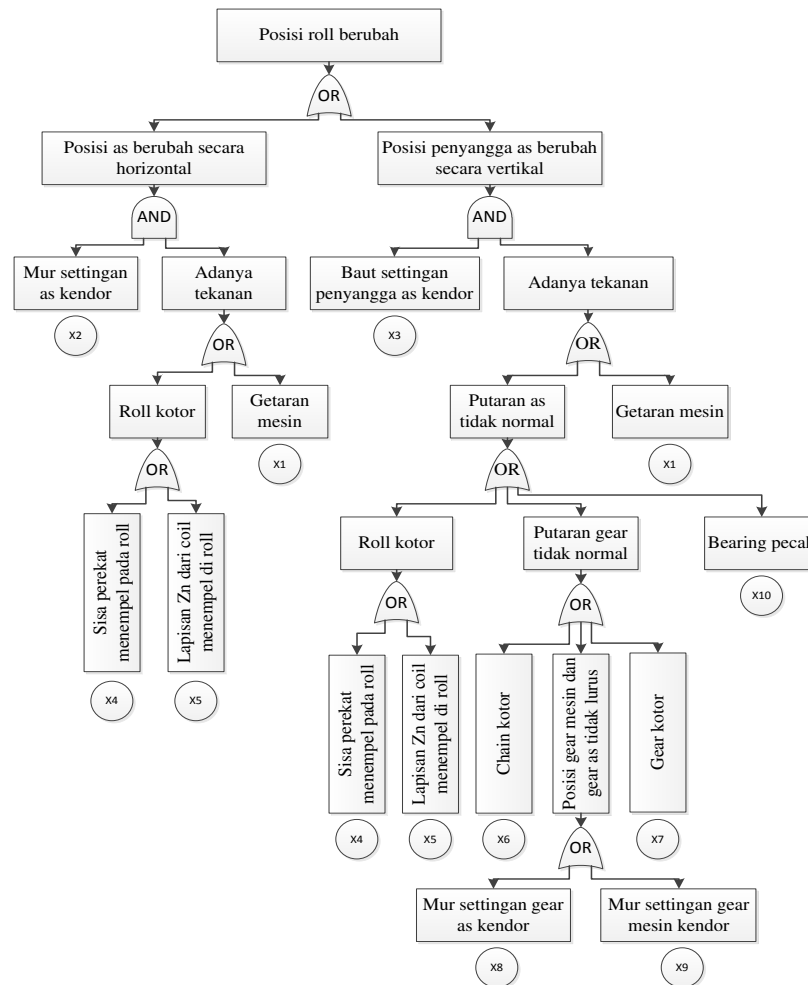
Tabel 10 Kontribusi MCS Terhadap Terjadinya Kegagalan Top Event

MCS	Fuzzy number sets				CPS	m	PV	I
TE	0.5846	0.6572	0.8326	0.8761	0.7370	1.6321	0.0233	
X2X1	0.4289	0.4927	0.6676	0.7207	0.5772	2.0741	0.0084	0.3614
X2X4	0.4387	0.5001	0.6696	0.7219	0.5824	2.0595	0.0087	0.3737
X2X5	0.4466	0.5063	0.6710	0.7227	0.5865	2.0480	0.0090	0.3838
X3X1	0.1510	0.1968	0.3759	0.4424	0.2920	3.0915	0.0008	0.0347
X3X4	0.1926	0.2428	0.4279	0.4949	0.3399	2.8708	0.0013	0.0577
X3X5	0.2259	0.2810	0.4636	0.5278	0.3748	2.7290	0.0019	0.0800
X3X6	0.2436	0.3012	0.4896	0.5522	0.3967	2.6460	0.0023	0.0968
X3X7	0.2436	0.3012	0.4896	0.5522	0.3967	2.6460	0.0023	0.0968
X3X8	0.2436	0.3012	0.4896	0.5522	0.3967	2.6460	0.0023	0.0968
X3X9	0.2436	0.3012	0.4896	0.5522	0.3967	2.6460	0.0023	0.0968
X3X10	0.2436	0.3012	0.4896	0.5522	0.3967	2.6460	0.0023	0.0968

4. Kesimpulan

Dari hasil identifikasi moda kegagalan dan akar permasalahan subsistem mesin roll dan mesin pemotong memiliki nilai RPN terbesar yang artinya subsistem ini memiliki kontribusi terbesar terhadap terjadinya kegagalan produk. Dengan menggunakan FTA diketahui bahwa permasalahan pada settingan baik

settingan roll di mesin roll dan settingan mata pahat di mesin pemotong menjadi faktor yang paling berkontribusi terhadap terjadinya kegagalan pada mesin roll dan mesin pemotong. Sebagai saran perbaikan, checklist perawatan dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan adanya perawatan secara berkala, ketersediaan mesin untuk digunakan setiap saat dapat diandalkan.



Gambar 1 Fault Tree Mesin Roll

Daftar Pustaka

- Adamo, J. (1980). Fuzzy Decission System. *Fuzzy Sats and System*, 4(3), 207-219.
- Silva, M. M., Gusmao, A. P., & Poletto, T. (2014). A Multidimensional Approach to Information Security Risk Management Using FMEA and Fuzzy Theory. *International Journal of Information Management* 34, 733-740.
- Stamatis, D. H. (2003). *FMEA from Theory to Execution-Second Edition*. USA: Quality Press Milwaukee.
- Vinod, G., Kushwaha, H., Verma, A., & Srividya, A. (2003). Importance Measures in Ranking Piping Component for Risk Informed in Servis Inspection. *Reliability Engineering & System Safety* 80(2), 107-113.
- Wang, D., Zhang, P., & Chen, L. (2013). Fuzzy Fault Tree Analysis for Fire and Explosion of Crude Oil Tank. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 26, 1390-1398.
- Yuhua, D., & Datao, Y. (2005). Estimation of Failure Probability of Oil and Gas Transmission Pipelines by Fuzzy Fault Tree Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Porcess Industries* 18, 83-88.